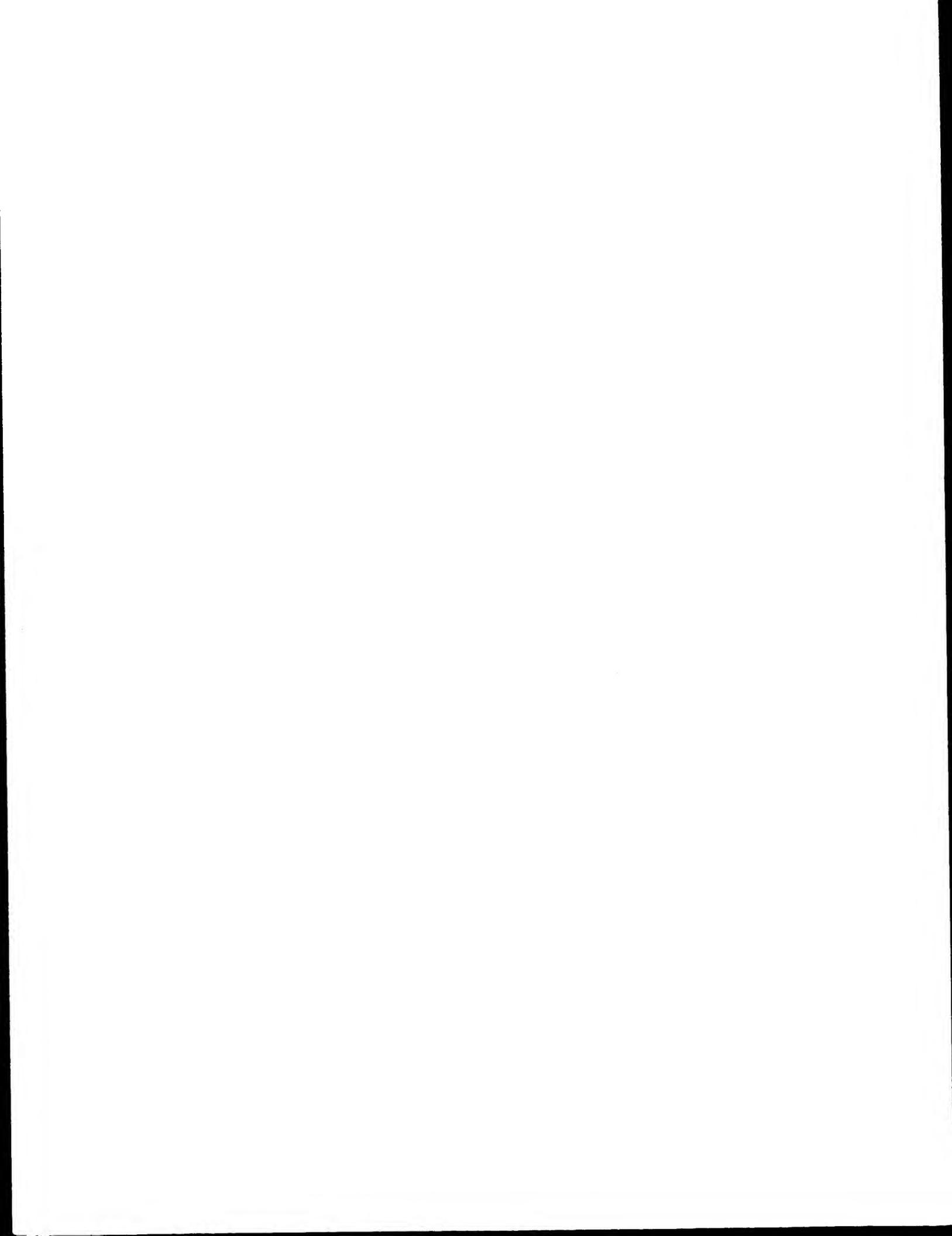


CONCISE EXPLANATION OF RELEVANCE

DE 3327526 A1 describes a method of determining the wall thickness or acoustic velocity of workpieces by means of an ultrasonic measuring instrument. The ultrasonic measuring instrument comprises two transducer elements accommodated in a common housing, a transmit transducer and a receive transducer that are acoustically isolated from each other and receive and transmit the ultrasonic signals. The transmit element is coupled to a transmitter, and the receive element is coupled to a receiver connected to an evaluation unit. On the basis of the travel time of the signal of the transmit transducer reflected from a wall or a workpiece and received in the receive transducer, the evaluation unit determines the workpiece properties, such as the wall thickness or the acoustic velocity of the wall material. The evaluation unit moreover, by means of correction factors, performs corrections on the thickness or travel time measured by the ultrasonic measuring instrument, in accordance with the type of probe used. These correction factors are retrieved by the evaluation unit from a memory (PROM) which furthermore is adapted to store the thickness of a calibration body mounted on the measuring instrument, previously measured thickness values or preset values for measuring a thickness differential. For determining a thickness differential from a previously measured thickness or a predetermined thickness, a comparison means in the form of a comparator may be connected to the evaluation unit. The ultrasonic measuring instrument can also perform thickness measurements during movement relative to an object to be measured, e.g., a wall.





DEUTSCHES
PATENTAMT

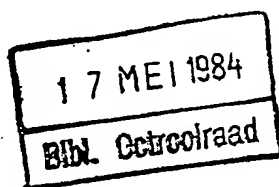
21 Aktenzeichen: P 33 27 526.2
22 Anmeldetag: 30. 7. 83
43 Offenlegungstag: 5. 4. 84

DE 3327526 A1

30 Unionspriorität: 32 33 31
30.09.82 US 429127

71 Anmelder:
Krautkrämer GmbH, 5000 Köln, DE

72 Erfinder:
Pittaro, Richard, West Redding, Conn., US



Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Ultraschallmeßeinrichtung zur Bestimmung der Wanddicke oder Schallgeschwindigkeit von Werkstücken

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Ultraschallmeßeinrichtung zur Bestimmung der Wanddicke oder der Schallgeschwindigkeit von Werkstücken (W). Erfindungsgemäß enthält die Ultraschallmeßeinrichtung einen Mikroprozessor (44) und einen SE-Prüfkopf (10) mit Wandlern (12), die sich auf Vorlaufkörpern (16, 18) unterschiedlicher Länge befinden. Der Vorlaufkörper (16), auf dem der Sendewandler (12) angeordnet ist, enthält im Abstand L-X von dem Sendewandler (12) einen Testreflektor (22), wobei L die Länge dieses Vorlaufkörpers (16) und X ein Wert zwischen 0 und L/2 ($0 < X < L/2$) bedeutet. Der Vorlaufkörper (18), auf dem der Empfangswandler (14) angeordnet ist, besitzt die Länge L-2X. Durch Verwendung des erfindungsgemäßen SE-Prüfkopfes (10) ist es möglich, ein für den jeweiligen Prüfkopftyp charakteristisches Signal abzuleiten. Dieses Signal kann mit Hilfe des Mikroprozessors (44) sowohl zur Umwegfehlerkorrektur, der gemessenen Laufzeitwerte für die Wanddickenmessung als auch zur Kompensation von Temperaturänderungen in den Vorlaufkörpern herangezogen werden. Durch Verwendung des Mikroprozessors (44) kann vorteilhafterweise auch eine automatische Nullpunktskalibrierung durchgeführt werden.

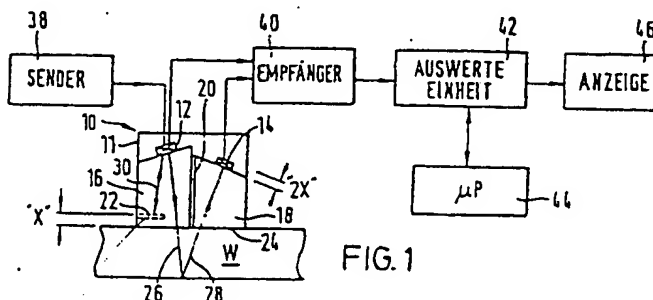


FIG. 1

Test reflektor

new length determination COPY

DE 3327526 A1

Krautkrämer GmbH
Luxemburger Str. 449
5000 Köln 41

29. Juli 1983
P/C1
B-176

P a t e n t a n s p r ü c h e

- 1 (1.) Verfahren zur Bestimmung der Wanddicke oder der Schallgeschwindigkeit von Werkstücken mit einer Ultraschallmeßeinrichtung, die aus einem einen Sender, einen Empfangsverstärker, einer Auswerteeinheit und einer Anzeigevorrichtung enthaltendes Prüfgerät
- 5 und einem SE-Prüfkopf besteht, wobei die Wandlerelemente des SE-Prüfkopfes sich auf Vorlaufkörpern unterschiedlicher Länge befinden und daß vor der eigentlichen Wanddicken- oder Schallgeschwindigkeitsmessung eine Nullpunktskalibrierung durchgeführt wird,
- 10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
- daß das von einem in dem SE-Prüfkopf (10) angeordneten Testreflektor (22) reflektierte Signal von dem Sendewandler (12) des SE-Prüfkopfes (10) empfangen und als für diesen Prüfkopftyp charakteristisches Signal zur automatischen Identifizierung
 - 15 des Prüfkopfes einem in dem Prüfgerät enthaltenen und mit der Auswerteeinheit (42) verbundenen Mikroprozessors (44) zugeführt wird,
 - 20 - daß nach Identifizierung des SE-Prüfkopfes (10) aus einem in dem Mikroprozessor (44) enthaltenen Speicher, die für den Prüfkopf (10) charakteristischen Korrekturwerte, insbesondere Umwegfehlerkorrekturwerte ausgelesen und die mit dem Empfangswandler (14) des SE-Prüfkopfes (10) empfangenen
 - 25 Ultraschallechosignale, in der Auswerteeinheit (42) entsprechend korrigiert werden; und

- 1 - daß die Nullpunktskalibrierung automatisch durchgeführt wird,
in dem die Wanddicke eines Kalibrierkörpers (50) gemessen und
mit der bekannten in das Prüfgerät vorher einprogrammierten
Wanddicke des Kalibrierkörpers mit Hilfe der Auswerteeinheit
5 (42) und des Mikroprozessors (44) verglichen wird.

2. SE-Prüfkopf zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

- 10 - daß in dem Vorlaufkörper (16) auf dem der Sendewandler (12)
angeordnet ist, sich im Abstand $L - X$ von dem Sendewandler (12)
ein Testreflektor (22) befindet, wobei L die Länge des Vorlauf-
körpers (16) und X ein Wert zwischen 0 und $L/2$
($0 < X < L/2$) bedeutet, und

- 15 - daß der Vorlaufkörper (18) auf dem der Empfangswandler (14)
angeordnet ist, eine Länge $L - 2X$ aufweist.

3. Prüfgerät zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1,
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

- daß der Kalibrierkörper (50) auf dem Prüfgerät selbst ange-
ordnet ist; und
- 25 - daß auf der geräteseitigen Oberfläche des Kalibrierkörpers (50)
ein als Empfangswandler wirkender Ultraschallprüfkopf (52)
angeordnet ist.

Krautkrämer GmbH
Luxemburger Str. 449
5000 Köln 41

29. Juli 1983
P/C1
B-176

VERFAHREN UND ULTRASCHALLMESSEINRICHTUNG
ZUR BESTIMMUNG DER WANDDICKE ODER SCHALL-
GESCHWINDIGKEIT VON WERKSTUECKEN

- 1 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Wanddicke
oder der Schallgeschwindigkeit von Werkstücken mit einer Ultraschall-
Meßeinrichtung, die aus einem einen Sender, einen Empfangsverstärker,
einer Auswerteeinheit und einer Anzeigevorrichtung enthaltendes Prüf-
5 gerät und einem SE-Prüfkopf besteht, wobei die Wandlerelemente des
SE-Prüfkopfes sich auf Vorlaufkörpern unterschiedlicher Länge be-
finden und daß vor der eigentlichen Wanddicken- oder Schallgeschwindig-
keitsmessung eine Nullpunktskalibrierung durchgeführt wird.
Die Erfindung bezieht sich ferner auf einen SE-Prüfkopf und ein Prüf-
10 gerät zur Durchführung des Verfahrens.

- Aus der Ultraschalltechnik ist es bekannt, daß in ein Werkstück einge-
schallte Ultraschallenergie an Fehlern oder anderen akustischen Un-
gängen, wie der Oberfläche oder der Rückwand des zu prüfenden Werk-
15 stückes, reflektiert wird. Durch Messung der Laufzeit eines Ultraschall-
impulses zwischen dem Eintreten des Impulses in das Werkstück bis
zum Empfang des Rückwandechos, kann bei bekannter Schallgeschwindig-
keit die Wanddicke des Werkstückes ermittelt werden. Umgekehrt ist
es auch möglich, bei bekannter Wandstärke des Werkstückes die Schall-
20 geschwindigkeit zu ermitteln.

1 Ferner ist es bekannt zur Wanddickenmessung sogenannte SE-Prüfköpfe
zu verwenden, bei denen als Sende- und Empfangswandler jeweils ge-
trennte Schwingerelemente verwendet werden. SE-Prüfköpfe haben sich
insbesondere zur Wanddickenmessung von Rohren oder Blechen bewährt,
5 deren Wanddickenänderungen auf Korrosionserscheinungen zurückzu-
führen sind.

10 Die piezoelektrischen Wandlerelemente des SE-Prüfkopfes sind
üblicherweise auf hitzebeständigen Schallvorlaufkörpern ange-
ordnet, die gewöhnlich aus thermoplastischen Materialien bestehen.
In Bezug auf die Oberfläche des zu prüfenden Werkstückes weisen
die beiden Wandlerelemente eine vorgegebene Neigung auf. Die
beiden Schallvorlaufkörper für den Sende- und den Empfangswandler,
15 die in der Regel aus dem gleichen Material bestehen, sind elektrisch
und akustisch voneinander durch eine Trennschicht getrennt. Die
gesamte aus Wandlerelementen, Schallvorlaufkörpern und Trennschicht
bestehende Vorrichtung ist in einem gemeinsamen Gehäuse unterge-
bracht.

20 Aus der US-PS 4.182.155 , die der DE-OS 29 53 170 entspricht,
ist bereits ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Nullpunkts-
kalibrierung von Ultraschall-Wanddickenmessern bekannt. Dabei werden
in dem SE-Prüfkopf unterschiedlich lange Vorlaufkörper verwendet.
25 Für die Nullpunktskalibrierung ist es allerdings erforderlich, daß
der Bediener zunächst eine Justierung mit Hilfe eines Justier-
körpers vornimmt. Eine automatische Kalibrierung ist mit dieser be-
kannten Meßeinrichtung nicht möglich.

30 Aus der US 4.102.205, die der DE-OS 26 23 522 entspricht, ist es
ferner bekannt, die jeweils empfangenen Ultraschallsignale ent-
sprechend der Schallfeldcharakteristik des Prüfkopfes zu korrigieren,
in dem die entsprechenden Korrekturwerte aus einem Festwertspeicher
abgerufen und mit den gemessenen Werten verknüpft werden.

1 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine
Meßeinrichtung der eingangs erwähnten Art so weiter zu entwickeln,
daß eine genau und weitgehend automatische Ermittlung der Wanddicke
oder Schallgeschwindigkeit von Werkstücken möglich ist.

5

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Teile
der Ansprüche 1 und 2 gelöst.

10 Der in dem erfindungsgemäßen SE-Prüfkopf vorgesehene Testreflektor
hat im wesentlichen zwei Funktionen zu erfüllen. Zum einen soll
mit diesem Reflektor ein für den jeweiligen Prüfkopftyp
charakteristisches Signal erzeugt werden, das zur automatischen
Identifizierung dieses Prüfkopfes verwendet wird. Jedem Prüfkopf-
typ ist deshalb ein unterschiedlicher Reflektor zugeordnet. Dadurch
15 ist es möglich, die für den jeweiligen Prüfkopftyp charakteristischen
Faktoren mit dem Auftreten des entsprechenden Testreflektor-Echo-
signales aus einem Speicher eines Mikroprozessors abzurufen und
bei den folgenden Waddickenmessungen automatisch zu berücksichtigen.
Insbesondere kann damit der sogenannte Umwegfehler, d.h. der bei
20 SE-Köpfen durch die Winkelanordnung der Wandler entstehende Wegfehler
("V"-förmiger Weg des Ultraschallimpulses) kompensiert werden.

Zum anderen dient das von dem Testreflektor erzeugte Echosignal
als Startsignal für die zur Waddickenbestimmung erforderliche Lauf-
25 zeitmessung der Ultraschallimpulse.

Schließlich kann dieses Echosignal auch zusätzlich zur Temperatur-
überwachung des Prüfkopfes herangezogen werden. Denn sofern sich
Die Temperatur der Vorlaufkörper des Prüfkopfes ändert, ändert sich
auch die zeitliche Lage des von dem Testreflektor erzeugten Echo-
30 signales. Überschreitet etwa dieses Signal einen vorgegebenen Wert,
so erzeugt die Meßeinrichtung ein entsprechendes Warnsignal, was
darauf hindeutet, daß der Prüfkopf zu heiß betrieben wird.

1 Sobald der Prüfkopftyp identifiziert ist, erfolgt automatisch
die Nullpunktskalibrierung der Meßeinrichtung. Hierzu wird der er-
findungsgemäße SE-Prüfkopf auf einen Kalibrierkörper bekannter Dicke
T und bekannter Schallgeschwindigkeit aufgesetzt. Dann wird die
5 Laufzeit der Ultraschallsignale, die von dem Sendewandler erzeugt
und von der Rückwand des Kalibrierkörpers reflektiert werden, ge-
messen ($2 \times (L - X) + T$). Anschließend wird dieser Laufzeitwert
von dem Laufzeitwert abgezogen, der dem reflektierten Testreflektor-
10 signal entspricht ($2 \times (L - X)$). Unter Berücksichtigung des für den
Prüfkopf typischen Umwegfehlers kann dann mit Hilfe der Auswerte-
einheit das Korrektursignal errechnet werden, das erforderlich ist,
damit der gemessene Dickenwert identisch ist mit dem angezeigten
Dickenwert T. Dieser Korrekturwert wird dann später bei der Er-
15 mittlung der Wanddicke bzw. der Schallgeschwindigkeit von Werkstücken
unbekannter Wanddicke bzw. Schallgeschwindigkeit verwendet.

Als besonders vorteilhaft hat es sich erwiesen, wenn zur Nullpunkts-
kalibrierung ein Kalibrierkörper verwendet wird, der fest mit der
20 Meßeinrichtung verbunden ist und an dessen geräteseitiger Rückwand
ein Ultraschallprüfkopf angeordnet ist, der als Empfangswandler ver-
wendet wird.

In diesem Falle ist es auf einfache Weise möglich, die batteriebe-
25 triebene Meßeinrichtung leistungssparend zu betreiben. Hierzu
arbeiten die in dem Mikroprozessor enthaltenen C-MOS Schaltungen
zunächst mit einer niedrigeren Taktfrequenz. Der Ultraschallprüf-
kopf wird dabei in bestimmten vorgegebenen Zeitabständen überwacht.
Sobald der Prüfkopf einige durch den Kalibrierkörper gelangenden
30 Ultraschallsignale empfängt, wird die Meßeinrichtung voll eingeschaltet.

- 1 Nach diesem Einschalten der Meßeinrichtung wird der Typ des SE-
Prüfkopfes automatisch identifiziert und der Mikroprozessor er-
rechnet einen Nullpunktkorrekturwert, der dafür sorgt, daß auf
5 der Anzeigevorrichtung der bekannte Dickenwert des Kalibrier-
körpers angezeigt wird. Sowohl die Dicke als auch die Schallge-
schwindigkeit des Kalibrierkörpers sind bekannt und permanent
in der Meßeinrichtung abgespeichert. Der berechnete Korrektur-
wert wird in allen folgenden Messungen verwendet.
- 10 Als besonders vorteilhaft hat es sich auch erwiesen die Meßeinrichtung
mit einer Betriebsart "Minimalwert" zu betreiben. Hierbei wird in
bestimmten zeitlichen Abständen der jeweils minimal gemessene Dicken-
wert für einen vorbestimmten Zeitraum (einige Sekunden) angezeigt.
Diese Betriebsart ist insbesondere bei der Waddickenmessung von
15 korrodierten Werkstücken besonders vorteilhaft. Denn bei bekannten
Meßeinrichtungen wird beim Abtasten des Prüfstückes der gemessene
Dickenwert an derartigen korrodierten Stellen nur für einen sehr
kurzen Augenblick angezeigt. Häufig übersieht daher der Bediener
eines derartigen Gerätes eine entsprechende Anzeige. Die Speicherung und
20 Anzeige des minimalen Dickenwertes für einige Sekunden erlaubt es
dem Betreiber, diese Minimalwertanzeige zu erkennen und gegebenenfalls
eine genaue Nachmessung an der entsprechenden Stelle des Werkstückes
durchzuführen. Es kann dann eine exakte Ortung des Korrosionsfehlers
erfolgen.
- 25 Vorteilhafterweise kann die Meßeinrichtung auch so programmiert
werden, daß statt der wirklichen Dicke des Werkstückes die Differenz
zwischen dem gemessenen Dickenwert und einem vorgegebenen Nominalwert
angezeigt wird. Dieses ist insbesondere für Anwendungen in der
30 Qualitätskontrolle nützlich.

1 Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen mit Hilfe von Figuren näher erläutert.

5 Es zeigt:

Fig. 1: das Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Meßeinrichtung mit einem SE-Prüfkopf;

10 Fig. 2: die Vorderansicht eines Prüfgerätes;

Fig. 3: den Querschnitt eines Kalibrierkörpers mit Empfangswandler;

15 Fig. 4: die Darstellung eines Prüfkopfes, mit dem ein korrodiertes Werkstück abgetastet wird; und

Fig. 5: das Blockschaltbild eines Minimalwertdetektors.

20 Fig. 1 zeigt eine Meßeinrichtung gemäß der Erfindung. Ein SE-Prüfkopf 10 enthält einen Sendewandler 12, der auch als Empfangswandler verwendet wird, sowie einen Empfangswandler 14. Der Sendewandler 12 und der Empfangswandler 14 sind akustisch an die Oberfläche eines Werkstückes gekoppelt, damit das erzeugte Ultraschallsignal in das
25 Werkstück eingeschallt und die entsprechenden Echosignale empfangen werden können.

Der Wandler 12 ist an einen Vorlaufkörper 16 und der Wandler 14 an einen Vorlaufkörper 18 gekoppelt. Beide Vorlaufkörper sind
30 aus dem gleichen Material, z.B. Lucit (Plexiglas) und sind akustisch durch eine Schallabsorptionstrennschicht (z.B. Kork) 20 voneinander isoliert. Die gesamte Anordnung befindet sich in einem Gehäuse 11.

- 1 Der Vorlaufkörper 16 enthält eine transversal gebohrte Nut
(Testreflektor) 22, die im Abstand "X" von der dem Werkstück
zugewandten Oberfläche 24 des Prüfkopfes 10 angeordnet ist.
Die Länge des Vorlaufkörpers 18 ist um den Wert "2X" kürzer als
5 die Länge des Vorlaufkörpers 16. Der Abstand "X" ist für unter-
schiedliche Prüfkopftypen unterschiedlich. Die Unterschiede der
Prüfkopftypen basieren auf Faktoren wie der Frequenz der Ultraschall-
signale, dem Winkel der Wandler 12 und 14 im Bezug auf die Normale
der Werkstückoberfläche, der maximal zulässigen Arbeitstemperatur
10 des Prüfkopfes 10, der Länge L des Vorlaufkörpers usw. Die
charakteristischen Faktoren jedes Prüfkopftypes sind in einem in der
Meßeinrichtung enthaltenen Speicher gespeichert. Das Abrufen dieser
gespeicherten Werte zwecks Ermittlung der Wandstärke oder Schallge-
schwindigkeit von Werkstücken, wird im folgenden näher beschrieben.
- 15 Zur Wanddickenmessung wird von dem Sender 38 der Wandler 12 zur
Abgabe eines entsprechenden Schallimpulses veranlaßt. Dieser Schall-
impuls gelangt durch den Vorlaufkörper 16 in das Werkstück W. Bei
Unterbrechung des Ultraschallsignales an einer akustischen Ungänge
20 wird ein Teil reflektiert und gelangt von dem Werkstück und dem Vor-
laufkörper 18 an den Empfangswandler 14.
- Das empfangene Ultraschallechosignal wird von dem Wandler 14 in ein
entsprechendes elektrisches Signal umgewandelt und dem Empfänger 40
25 zugeführt. Das dem Echo entsprechende elektrische Signal gelangt an-
schließend zu einer Auswerteeinheit 52, in dem die Berechnung der Werk-
stückeigenschaften, wie Wanddicke oder Schallgeschwindigkeit, erfolgt.
Die Werkstücksdicke ist das Produkt aus der Schallgeschwindigkeit
des Werkstückes multipliziert mit der halben Laufzeit des Ultraschall-
30 signales durch das Werkstück hindurch.

- 1 charakteristischen Faktoren des Prüfkopfes von dem in dem Mikro-
 prozessor 44 enthaltenen PROM an die Auswerteeinheit 42 zur Durch-
 führung der Waddicken- oder Schallgeschwindigkeitsmessung übergeben.
- 5 Die Verstärkung des Empfängers 40 kann stufenweise verändert werden,
 um das von dem Testreflektor 22 empfangene Echosignal als solches
 zu identifizieren. Hierzu wird nach dem Empfang des von dem Test-
 reflektor stammenden Echos die Verstärkung des Empfängers 40 ver-
 mindert, um den Empfang des von dem Werkstück W stammenden Eintritts-
 10 echos zu erleichtern. Beim Auftreten derartiger Eintrittsechos identi-
 fiziert die Meßeinrichtung dann das zeitlich vor diesem Echo empfangene
 Echo als Testreflektor-Echosignal. Die Verwendung von Empfängern mit
 Verstärkern, die stufenförmig oder variabel sind, ist beispielsweise
 aus der US 4.050.292 bekannt.
- 15 Nach dem die Korrekturwerte für den erfindungsgemäßen Prüfkopf der
 Auswerteeinheit 42 zugeführt wurden, wird zwecks automatischer
 Temperaturkompensation des Prüfkopfes 10 die Laufzeit der Ultraschall-
 signale vom Wandler 12 zu dem Testreflektor 22 und zurück, entlang
 20 des Weges 30 gemessen und in einem Speicher abgelegt. Der Prüfkopf 10
 wird dann an ein Werkstück bekannter Dicke T und bekannter Schall-
 geschwindigkeit V akustisch gekoppelt. Ein von dem Sendewandler 12
 erzeugtes Ultraschallsignal gelangt dann von diesem Wandler 12 entlang
 des Weges 26 durch den Vorlaufkörper 16 zu der Rückwand des Werk-
 25 stückes, wo es reflektiert wird und gelangt dann entlang des Weges 28
 durch den Vorlaufkörper 18 an den Empfangswandler 14.

Die Weglänge des an dem Testreflektor reflektierten Signals entlang
 des Weges 30 ist:

30

$$2 \times (L - X) = 2L - 2X \quad (Gl. 1)$$

wobei mit L die Länge des Vorlaufkörpers bezeichnet ist.

1 Die Laufzeit des Ultraschallsignales durch das Werkstück hindurch,
wird üblicherweise durch die Messung der Zeit vom Empfang des
Eintrittsechos bis zum Empfang des Rückwandechosignales ermittelt
(vgl. auch US-PS 3.486.368). Es ist auch bekannt, als Startsignal
5 für die Laufzeitmessung ein elektrisches Signal zu verwenden, daß
von dem Sendesignal mit Hilfe einer Verzögerungsschaltung abge-
leitet wird (vgl. US-PS 3.427.866).

Bei Verwendung von SE-Prüfköpfen ist es erforderlich, die gemessene
10 Laufzeit der Ultraschallsignale zu korrigieren, um den "V"-förmigen
Signalweg (Umwegfehler) zu kompensieren. Im Gegensatz hierzu ist eine
derartige Korrektur bei sogenannten Normalprüfköpfen nicht erforder-
lich. Denn Normalprüfköpfe besitzen lediglich ein Wandlerelement,
wobei die Einschallung üblicherweise senkrecht zur Werkstücksober-
15 fläche erfolgt. Um bei SE-Prüfköpfen den Umwegfehler zu kompensieren,
wird die Auswerteschaltung 42 durch einen Mikroprozessor 44 kon-
trolliert. In diesem Mikroprozessor befindet sich ein PROM,
der mit den charakteristischen Faktoren jedes Prüfkopftyps pro-
grammiert ist. Für nicht identifizierbare Prüfköpfe 10, enthält
20 der PROM Durchschnittskorrekturwerte zur Durchführung der Um-
wegfehlerkompensation. Die Nullpunktskalibrierung erfolgt in
diesem Fall in herkömmlicher Weise.

Die Identifizierung des Prüfkopftyps wird durch die Laufzeit der
25 Schallimpulse von dem Sendewandler 12 zu dem Testreflektor 22 be-
stimmt. Wenn ein Sendesignal in das Werkstück eingeschallt wird,
so gelangt auch ein Teil des Ultraschallsendesignals von dem Wandler
12 an den Testreflektor 22 und wird von diesem zu dem Wandler 12
reflektiert. Die Laufzeit des von dem Testreflektor stammenden
30 Echesignals wird von der Auswerteeinheit 42 ermittelt und der
Mikroprozessor 44 ordnet der gemessenen Laufzeit einen bestimmten
Prüfkopftyp zu. Nach Identifizierung des Prüfkopftyps werden die

Die Weglänge des, entlang der Wege 26 und 28, laufenden Ultraschallsignales in den Vorlaufkörpern 16 und 18 ist:

$$L + L - 2X = 2L - 2X \quad (Gl. 2)$$

Dieser Wert wird dadurch ermittelt, daß zunächst die Laufzeit gemessen wird, die zwischen der Erzeugung eines Ultraschallimpulses durch den Sendewandler und dem Empfang dieses an der Rückwand des Kalibrierkörpers reflektierten Impulses vergeht. Anschließend wird von diesem gemessenen Laufzeitwert dann die Dicke T abgezogen.

Die durch die Gleichungen 1 und 2 bestimmten Werte sind gleich und sollten für alle Messungen gleich bleiben. Bei Durchführung der Wanddickenmessung an Werkstücken unbekannter Dicke, wird deshalb das von dem Testreflektor stammende Echosignal als Startsignal für die eigentliche Laufzeitmessung verwendet. Üblicherweise wird daher mit diesem Signal ein Flip-Flop gesetzt. Das Zurücksetzen dieses Flip-Flops erfolgt dann mit dem von der Rückwand des zu prüfenden Werkstückes stammenden Echos. Die Torbreite des Ausgangssignals des Flip-Flops, die automatisch Temperatur kompensiert ist, entspricht der Dicke des Werkstückes. Die Ermittlung der am Ausgang des Flip-Flops liegenden Torbreite mit Hilfe von Ultraschallmess-einrichtungen ist seit langem bekannt. Anschließend wird der Umwegfehler und die Nullpunktsfehlerkorrektur für die Ermittlung der Wand-dicke durchgeführt. Während der nachfolgenden Messungen vergleicht die Auswerteeinheit 42 die anfänglich gemessenen und von dem Testfehler stammenden Echosignale mit den entsprechenden nachfolgenden Signalen, um eine Temperaturbeeinflussung auf die Vorlaufkörper zu ermitteln. Sofern der von den Testreflektoren stammende Echo-signal]aufzeitwert von dem ursprünglichen Laufzeitwert um einen bestimmten vorgegebenen Betrag abweicht, ist der Prüfkopf zu heiß geworden. In diesem Falle erzeugt die Messeinrichtung ein Warnsignal (z.B. Aufleuchten der Lampe 41 (Fig. 2)), so daß keine Fortsetzung

- 1 der Messung erfolgt und der Prüfkopf 10 nicht zerstört wird.
Die Temperaturkompensation bei der vorstehend beschriebenen Lauf-
zeitermittlung, wobei das Flip-Flop mit dem von dem Testreflektor
stammenden Signal gesetzt und mit dem von dem Werkstück verursachten
5 Rückwandecho zurückgesetzt wird; ist so lange genau wie sicherge-
stellt ist, daß die Abnutzung der Prüfkopfunterseite 24 für beide
Vorlaufkörper 16 und 18 gleich ist. In diesem Fall bleibt die Weg-
differenz der Vorlaufkörper von 2X erhalten.
- 10 Sofern die Meßeinrichtung nicht sowohl das von dem Testfehler
stammende Echo als auch das von der Oberfläche des Werkstückes
stammende Echosignal empfängt, zeigt eine Lampe 43 (Fig. 2) an,
daß ein Spezialprüfkopf und nicht ein erfindungsgemäßer Prüfkopf
mit Testreflektor verwendet wird. In dem PROM sind sogenannte mittlere
15 Umwegfehlerkorrekturfaktoren gespeichert, die von der Auswerteein-
heit abgerufen werden. Sofern diese Korrekturfaktoren verwendet
werden, erfolgt die Kalibrierung der Meßeinrichtung in herkömmlicher
Weise mit Hilfe eines stufenförmigen Kalibrierkörpers. Die in her-
kömmlicher Weise ermittelten Korrekturwerte werden dann in dem Mikro-
20 prozessor 44 für die nachfolgenden Waddicken- oder Schallgeschwindig-
keitsmessungen gespeichert.

Die vorliegende Erfindung enthält auch erfindungsgemäß Mittel zur
Aktivierung der Meßeinrichtung. Hierzu ist auf der Vorderseite
25 des Prüfgerätes ein Kalibrierkörper 50 bekannter Waddicke und be-
kannter Schallgeschwindigkeit angeordnet (vgl. Fig. 2). Wie aus
Fig. 3 zu entnehmen ist, befindet sich auf der geräteseitigen Ober-
fläche des Kalibrierkörpers 50 ein Empfangswandler 52, der ständig
akustisch an den Kalibrierkörper 50 gekoppelt ist. Im normalen
30 Betrieb der Meßeinrichtung arbeitet das Prüfgerät mit einer hohen
Frequenz, die typischer Weise 2 MHz beträgt. Wenn die Meßeinrichtung
nicht aktiv ist wird das Prüfgerät mit einer niedrigeren Frequenz,
z.B. mit 1 KHz, betrieben. Der Mikroprozessor 44 und die Auswerteein-
heit 42 enthalten C-MOS-Bauelemente, die einen geringen Leistungsver-

1 brauch besitzen, so daß die Batterieleistung minimiert werden
 kann. Der Ausgang des Wandlers 52 wird periodisch z.B. jede halbe
 Sekunde überwacht um festzustellen, ob ein Ultraschallsignal an
 den Wandler gelangt ist. Sofern keine Signale von dem Wandler
 5 empfangen wurden, bleibt die Meßeinrichtung ausgeschaltet. Empfängt
 der Wandler 52 ein Signal, so wird das Zeitintervall zwischen dem
 Sendeimpuls des Senders 38 und dem Empfang des Ultraschallsignals
 durch den Wandler 52 gemessen. Wenn mehrere nacheinander durchge-
 führte Messungen anzeigen, daß das Zeitintervall gleich derjenigen
 10 Zeitdauer entspricht, die ein Ultraschallsignal benötigt, um von
 dem Prüfkopf 10 durch den Kalibrierkörper 50 zu dem Wandler 52 zu
 gelangen, wird die Meßeinrichtung aktiviert. Der Prüfkopftyp wird
 bestimmt und der Hochfrequenztaktgenerator aktiviert. Die Meß-
 einrichtung ist fertig zur Wanddickenmessung.

15 Diese Inbetriebnahmeprozedur der Meßeinrichtung veranlaßt auch die
 automatische Nullpunktskalibrierung der Meßeinrichtung. Sobald ein
 Signal von dem Wandler 42 empfangen wird, mißt das Prüfgerät
 die bekannte Dicke des Kalibrierkörpers 50 unter Verwendung der in
 20 dem Mikroprozessor 44 gespeicherten Schallgeschwindigkeit des
 Kalibrierkörpers. Zur automatischen Nullpunktskalibrierung wird
 eine Korrekturzeit (Nullpunktskompensation) unter Verwendung der
 folgenden Gleichung ermittelt:

$$\begin{aligned}
 25 \quad & \text{Bekannte Dicke des Kalibrierkörpers 50} = \text{bekannte} \\
 & \text{akustische Geschwindigkeit des Kalibrier-} \\
 & \text{körpers} \times (\text{gemessene Laufzeit} + \text{Korrektur-} \\
 & \text{zeit})
 \end{aligned}
 \tag{Gl. 3}$$

30 In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die Dicke und die
 Schallgeschwindigkeit des Kalibrierkörpers 50 permanent in einem
 PROM, der sich in dem Mikroprozessor 44 befindet, gespeichert. Aus
 der gemessenen Impuls-Echolaufzeit des Ultraschallsignals, das zur
 Wanddickenbestimmung des Kalibrierkörpers 50 verwendet wird, be-

- 1 rechnet die Auswerteeinheit 42 den entsprechenden Wandstärkenwert.
Wenn der Prüfkopftyp bereits ermittelt wurde, wird eine Umweg-
fehlerkorrektur während der eigentlichen Waddickenmessung durchge-
führt. Um sicher zu stellen, daß eine gute Ankopplung des Prüfkopfes
5 10 an den Kalibrierkörper 50 vorhanden ist und sich ein thermisches
Gleichgewicht eingestellt hat, werden die Laufzeitwerte mehrmals
nacheinander gemessen. Unter Verwendung dieser Laufzeitwerte wird
Gleichung 3 nach der Korrekturzeit (Nullpunktskorrektur) aufge-
löst. Der berechnete Korrekturzeitwert wird in dem Speicher des
10 Mikroprozessors 44 gespeichert und für alle folgenden Messungen als
Nullpunktskorrekturwert für die Kalibrierung dieser Meßeinrichtung
verwendet. Es ist ebenfalls möglich eine Nullpunktskalibrierung der
Meßeinrichtung mit Hilfe eines Werkstückes bekannter Dicke und be-
kannter Schallgeschwindigkeit vorzunehmen. Die Dicke und Schallge-
15 schwindigkeit werden in den Speicher des Mikroprozessors mit Hilfe
einer Tastatur 80 (oder anderer Eingabemittel) eingegeben. Nach
Identifizierung des Prüfkopftypes wird unter Verwendung der einge-
gebenen Dicke und Schallgeschwindigkeit die Korrekturzeit durch ent-
sprechende Auflösung der Gleichung 3 ermittelt. Die Meßeinrichtung
20 ist dann zur Ultraschallwanddickenbestimmung unter Verwendung des
speziellen Prüfkopfes bereit. Die Umwegfehlerkorrektur, die Nullpunkts-
kalibrierung und die Temperaturkompensationen können automatisch und
schnell durchgeführt werden.
- 25 Sofern die unbekannte Wandstärke eines Werkstückes ermittelt werden
soll, muß die Schallgeschwindigkeit des Werkstückes mit Hilfe der
Tastatur 80 oder anderer Eingabemittel in den Speicher des Mikro-
prozessors 44 eingegeben werden. Der Korrektur-(Nullpunkts-) wert,
der während des Einschaltvorganges berechnet wurde, wird aus dem
30 Speicher abgerufen. Gleiches gilt auch für die im PROM für den ent-
sprechenden Prüfkopftyp abgespeicherten Umwegfehlerkorrekturwerte.

1 Die Wanddicke des Werkstückes kann daher durch Lösung der
folgenden Gleichung ermittelt werden:

$$5 \quad \text{Wanddicke des Werkstückes} = \text{Vorgegebene Schall-} \\ \text{geschwindigkeit des Werkstückes} \times (\text{Pulsecholauf-} \\ \text{zeit} + \text{Korrekturzeit} + \text{Umwegfehlerkorrektur}) \quad (\text{Gl. 4})$$

10 Ist es umgekehrt erforderlich die Schallgeschwindigkeit eines Werk-
stückes zu ermitteln, so wird die bekannte Dicke dieses Werkstückes
über den Mikroprozessor 44 in den Speicher einprogrammiert und
Gleichung 4 nach der unbekannten Schallgeschwindigkeit aufgelöst.

15 In einem Ausführungsbeispiel der Meßeinrichtung sind Mittel zur
Speicherung des minimalen Wanddickenwertes enthalten. Wie aus
Fig. 4 ersichtlich ist, wird der Prüfkopf 10 während der Prüfung
über die Oberfläche 60 eines korrodierten Werkstückes geführt.
Das in Fig. 4 im Querschnitt dargestellte Werkstück zeigt drei
Fehler 62, 64 und 66 mit unterschiedlicher Weite und Tiefe. Der
gefährlichste Fehler ist der Fehler 64, weil die verbleibende Wand-
dicke zwischen dem Fehler und der Oberfläche 60 ein Minimum annimmt.
20 Wenn der Prüfkopf 10 von links nach rechts über das Werkstück in
Richtung des Pfeiles 68 bewegt wird, wird die Dicke des Werkstückes
kontinuierlich gemessen und die entsprechenden Signalwerte einem
Komparator 70 (Fig. 5) und dem Eingang eines Speichers 72 zugeführt.
25 Der andere Eingang des Komparators 70 ist mit dem Ausgang des Speichers
72 verbunden. Dem Ausgang des Speichers 72 ist außerdem die Anzeige-
vorrichtung 46 zur Anzeige des kleinsten Dickenwertes nachgeschaltet.
Fig. 5 ist ein vereinfachtest Blockschaltbild, bei dem entsprechende
Puffer und Zwischenspeicher weggelassen wurden. Wenn der Prüfkopf 10
30 über die Oberfläche des Werkstückes bewegt wird, wird der jeweils
letzte Dickenmesswert in dem Komparator 70 mit dem vorher gemessenen
minimalen Wanddickenwert verglichen. Falls der neue Messwert kleiner
als der gespeicherter Wert ist, (der entsprechende Teil des Werk-
stückes also dünner ist als die vorher kontrollierten Werkstücks-

1 teile), so wird der Speicher 72 und die Anzeigevorrichtung
46 auf den niedrigeren gemessenen Dickenwert neu eingestellt. Nach
einem vorgegebenen Zeitintervall, das üblicherweise einige Sekunden
beträgt, wird der Speicher und die Anzeigevorrichtung (durch Mittel
5 die nicht gezeigt sind) zurückgesetzt.

Im Gegensatz zur Fig. 5, in der Schaltungselemente zur Bestimmung
und Speicherung des minimalen Dickenwertes dargestellt sind, ist
es auch möglich, eine Minimalwertbestimmung mit Hilfe des Mikro-
10 prozessors 44, d.h. mit Hilfe eines Softwareprogrammes vorzunehmen.

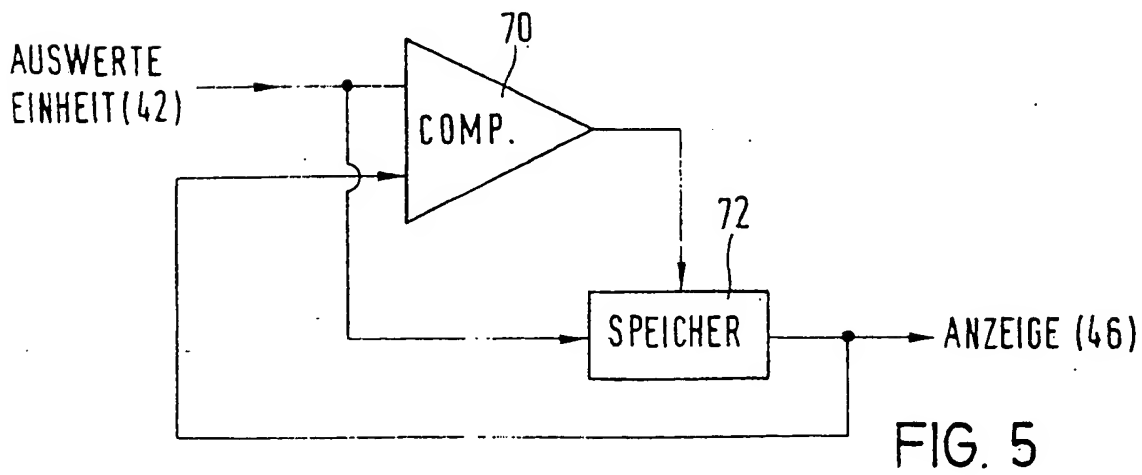
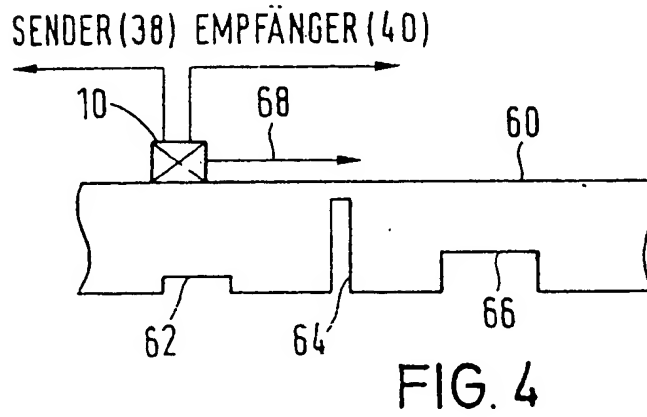
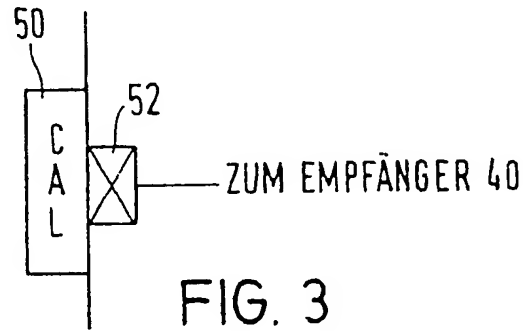
Der Vorteil einer Speicherung der Minimalwertanzeige besteht darin,
daß der Bediener der Meßeinrichtung in der Lage ist, auch minimale
Wanddickenwerte des Werkstückes während der kontinuierlichen Ab-
15 tastung der Werkstückoberfläche 60 zu sehen. Falls erforderlich
kann der Bediener das Werkstück erneut abtasten, um den minimalen
Wanddickenbereich genau zu lokalisieren. Außerdem ist es möglich
aufgrund der Minimalwertanzeige das Werkstück nachzubessern.

20 Bei einem anderen Ausführungsbeispiel kann das Prüfgerät einen
hörbaren oder sichtbaren Alarm (Anzeige erfolgt z.B. durch die
Lampe 45 in Fig. 2) auslösen, wenn das Werkstück einen vorgegebenen
minimalen Dickenwert unterschreitet und damit den Bediener des Ge-
rätes entsprechend alarmieren.

25 Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel ist zusätzlich die Betriebsart
"Differenzdickenwert" vorgesehen. Eine derartige Meßeinrichtung
eignet sich vor allem für die Qualitätskontrolle. In dieser Betriebs-
art wird über die Tastatur 80 ein Wanddickenwert vorgegeben und in
30 den Mikroprozessor einprogrammiert. Die Meßeinrichtung bestimmt dann
die Differenzdicke, d.h. die Differenz zwischen dem vorgegebenen Wert
und dem tatsächlich gemessenen Wanddickenwert. Der Differenzdicken-
wert wird dann angezeigt. Bei Verwendung einer Alarmvorrichtung

die anzeigt, daß der Differenzdickenwert größer ist als ein vorgegebener Toleranzbereich, kann das Werkstück je nach Aufgabenstellung entfernt oder sehr genau noch einmal geprüft werden.

19-
Leérseite



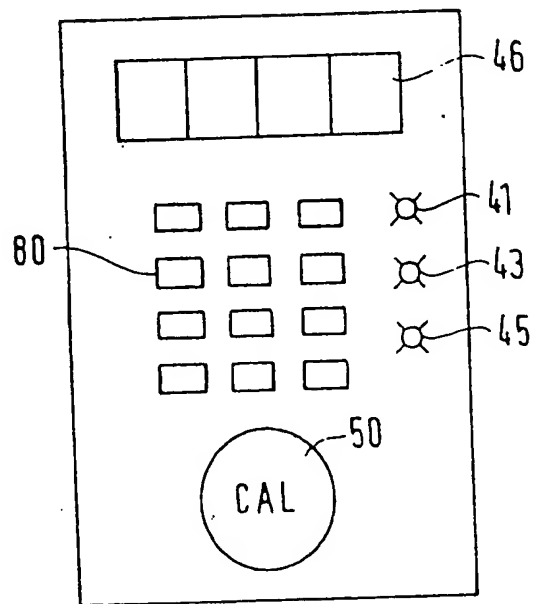
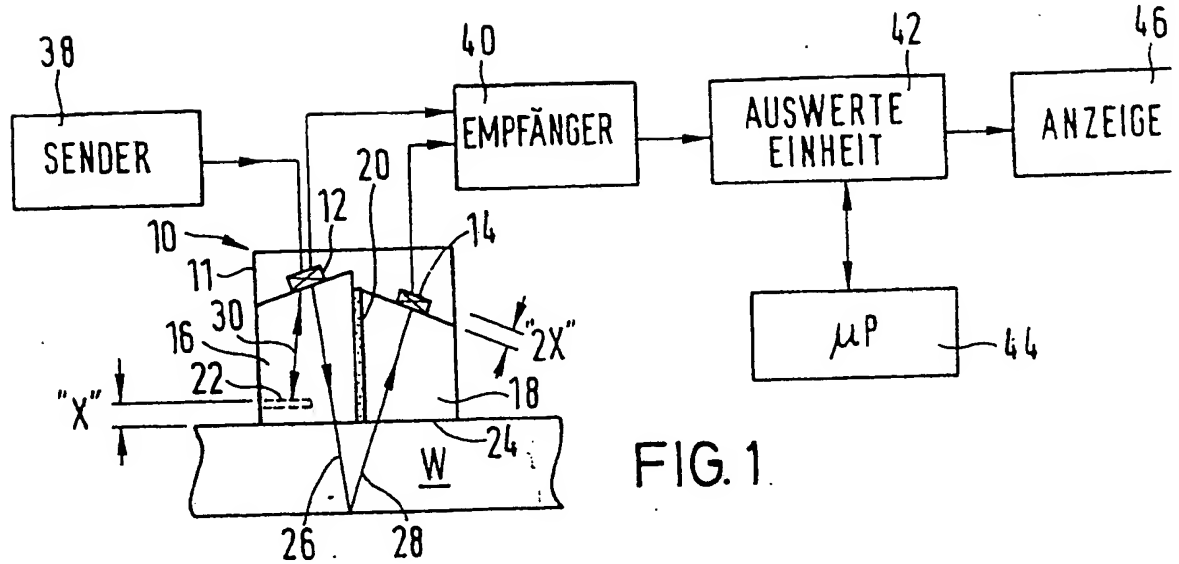


FIG. 2